

(51) Int. Cl. ⁶
G 0 1 S 13/34
13/93

識別記号

F I
G 0 1 S 13/34
13/93

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-152968
(22)出願日 平成10年(1998)6月2日

(71)出願人 000237592
富士通テン株式会社
兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
(71)出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(72)発明者 品川 登起雄
兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
富士通テン株式会社内
(72)発明者 岸田 正幸
兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
富士通テン株式会社内
(74)代理人 弁理士 石田 敏 (外3名)

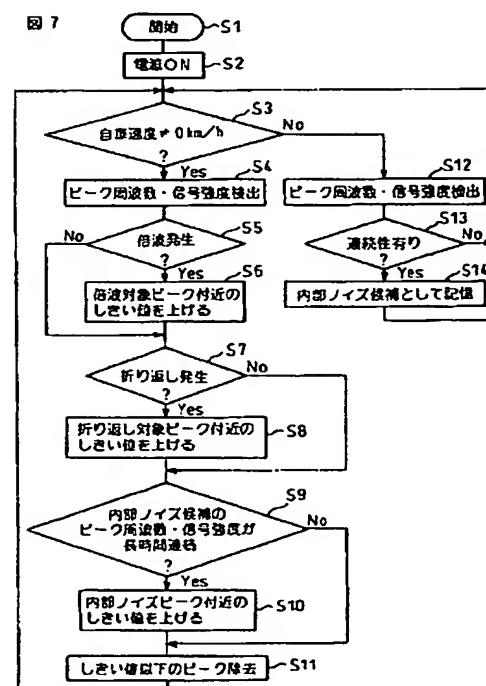
最終頁に続く

(54)【発明の名称】FM-CWレーダの信号処理装置

(57)【要約】

【課題】 レーダ信号をFFT変換したときに現れる虚像を除去し、実際に存在するターゲットからの反射に基づく信号のピークを抽出する。

【解決手段】 レーダにより検出したある周波数と信号強度を持った複数のピークの中から、実際のターゲットから反射された信号によるピークでない虚像のピークを識別する。そして、この虚像のピーク付近の周波数のしきい値を上げることにより虚像のピークを除去し、実際のターゲットによる実像のピークを抽出する。また、上記しきい値を虚像の種類に応じて変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 三角波状の周波数変調された連続波を送信してターゲットからの反射波を受信し、前記送信信号と受信信号のビート信号をFFT処理して周波数分析を行い、ピーク周波数と強度を検出するFM-CWレーダの信号処理装置において、設定されたしきい値以下の強度のピークを除去する手段、周波数分析した際に現れる虚像のピークを識別する手段、該識別された虚像のピーク付近の周波数のしきい値を変更する手段、を備えたFM-CWレーダの信号処理装置。

【請求項2】 前記虚像のピークを識別する手段は、虚像の種類を識別することができる、請求項1に記載のFM-CWレーダの信号処理装置。

【請求項3】 上記虚像のピーク付近の周波数は、虚像のピーク周波数±1kHzの範囲である、請求項1に記載のFM-CWレーダの信号処理装置。

【請求項4】 前記虚像の種類は、実像のピーク周波数の倍波の虚像、折り返しによる虚像、スイッチング周波数による虚像である、請求項2に記載のFM-CWレーダの信号処理装置。

【請求項5】 前記虚像のピーク付近の周波数のしきい値を変更する手段は、識別された虚像の種類に応じて前記しきい値を異なった値とする、請求項2に記載のFM-CWレーダの信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はFM(周波数変調)-CW(連続波)方式レーダの信号処理装置に関するもので、特に、送信信号と受信信号とのビート信号が高速フーリエ変換され(以下、「FFT処理」と記す。)周波数分析されたときに現れる虚像を除去し、実際に存在するターゲットからの反射に基づく信号のピークを抽出するFM-CWレーダの信号処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 走行中に前方車両との車間距離と相対速度をレーダにより検出し、走行速度に応じた車間距離を保つ車間距離制御が行われている。車間距離制御に用いるレーダとしてFM-CW方式レーダが用いられている。FM-CW方式レーダは車両に搭載され、三角波状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットである前方の車両との距離及び相対速度を求めている。即ち、レーダからの送信波が前方の車両で反射され、反射波の受信信号と送信信号とのビート信号(レーダ信号)を得る。このビート信号をFFT処理して周波数分析を行う。周波数分析されたビート信号はターゲットに対して強度が大きくなるピークが生じるが、このピークに対応する周波数をピーク周波数と呼ぶ。そして、このピーク周波数から前方車両との距離と相対速度を検出している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記反射波の受信信号と送信信号とのビート信号をFFT処理すると、実際の信号のピーク周波数の位置とは別の位置に虚像のピークが発生する。図1は倍波の虚像が発生している場合を示したものである。図1において横軸は信号のピークに対応する周波数であり、縦軸は信号のピークの値、即ち、信号の強度を表す。図1において、実際のターゲットからの信号である実像のピークaは周波数f₁に位置している。このピークに対して、ピーク周波数f₁の倍波の位置である2f₁、3f₁、4f₁の位置に虚像のピークa₁、a₂、a₃が発生する。

【0004】 図2はレーダ装置のスイッチングによって生ずる虚像を示した図である。図2の横軸と縦軸は図1と同じく、それぞれ信号のピークに対応する周波数と信号の強度を表す。図2において、aは周波数f₁の実際のターゲットからの信号のピークであり、sはレーダ装置のスイッチング周波数f_sにおけるピークを表し、f_εはFFT処理の周波数帯域を表す。上記状況において、ピークがs₁である虚像が周波数f_ε-f₁の位置に、そして、ピークがs₂である虚像が周波数f_ε-f₂の位置に発生する。

【0005】 前方車両との車間距離や相対速度の検出は、レーダの受信信号のピーク周波数に基づいて行われている。しかし、レーダ信号をFFT処理すると上記のように実像のピークに加えて虚像のピークが発生する。そして、これらの虚像はターゲットが動くと同じように動くため、ターゲットが複数存在するよう見えてしまう。従って、これらの虚像を除去しないと車間距離制御の対象となるターゲットの検出を誤る恐れがある。

【0006】 そこで本発明は、レーダ信号をFFT処理したときに現れる虚像を除去し、実際に存在するターゲットからの反射に基づく信号のピークを抽出することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明では、FM-CWレーダにより検出されたピークの中から、実際のターゲットから反射された信号によるピークでない虚像のピークを識別し、この虚像のピーク付近の周波数のしきい値を上げることにより虚像のピークを除去し、実際のターゲットによる実像のピークを抽出するものである。

【0008】 上記虚像のピークとしては、実像のピーク周波数の2倍、3倍等の周波数を持った倍波の虚像によるピーク、折り返しによる虚像のピーク、スイッチング周波数等の内部ノイズによる虚像のピーク等がある。本発明ではこれら虚像の種類を識別し、種類に応じてしきい値を変化させて虚像を除去するものである。虚像の種類に応じたしきい値の設定について言えば、例えば倍波のピーク値は実像のピーク値から予測できるため、この予測値に基づいてしきい値を変化させて設定する。スイ

ッティング周波数によるピーク値は予め検出しておくことができるため、検出された値に基づいて設定する。

【0009】また、しきい値が適用される範囲は、例えば虚像が周波数 x kHz の位置で現れた場合、 $x \pm 1$ kHz の周波数の範囲においてしきい値を変化させる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図3は本発明に係るFM-CW方式レーダを用いた車間距離制御の構成の概要を示した図である。図3において、レーダセンサ部はレーダアンテナ1、走査機構2、及び信号処理回路3を備えている。車間距離制御ECU7は、ステアリングセンサ4、ヨーレートセンサ5、車速センサ6、及びレーダセンサ部の信号処理回路3からの信号を受け、警報機8、ブレーキ9、スロットル10等を制御する。また、車間距離制御ECU7はレーダセンサ部の信号処理回路3にも信号を送る。

【0011】図4は、図3の信号処理回路3の構成を示したものである。信号処理回路3は、走査角制御部11、レーダ信号処理部12、制御対象認識部13を備えている。レーダ信号処理部12において、レーダアンテナ1からの反射信号と送信信号から得られたレーダ信号は、A/D変換器でサンプル周波数でサンプリング処理してデジタル信号に変換され、FFT処理される。そして、パワースペクトルを検出し、ターゲットとの距離及び相対速度を算出し、制御対象認識部13にそのデータを送信する。レーダ信号処理部12にはさらに、後述する設定されたしきい値以下の強度のピークを除去する手段、周波数分析した際に現れる虚像のピークを識別する手段、該識別された虚像のピーク付近の周波数のしきい値を変更する手段を備えている。制御対象認識部13は、レーダ信号処理部12から受信したターゲットとの距離、相対速度、及び車間距離制御ECU7から受信したステアリングセンサ4、ヨーレートセンサ5、車速センサ6等から得られた車両情報に基づいて走査角制御部11に走査角を指示すると共に、制御対象となるターゲットを判別して車間距離制御ECU7に送信する。走査角制御部11は、固定式レーダの場合はカーブ走行時の走査角等を制御し、スキャン式レーダの場合はスキャン走査角を制御するものである。

【0012】図5は、レーダ信号をFFT処理したとき、実像と共に虚像がどのように現れるかを例示した図である。なお、図5において、レーダ信号をA/D変換するサンプリング周波数は400kHz、FFT処理の周波数帯域は200kHz、レーダ装置のDC-DCコンバータのスイッチング周波数は191kHz、実際のターゲットからの受信信号のピーク周波数はそれぞれ20kHzと120kHzとする。図5においてa及びbは実像のピークであり、それぞれ20kHz及び120kHzの周波数の位置に現れている。そして、実像のピークaの2倍波

の40kHz及び3倍波の60kHzの位置に、それぞれ虚像のピークa₁及びa₂が現れている。また、実像のピークbの折り返しの虚像のピークb₁が80kHzの位置(200kHz-120kHz)に現れている。sはDC-DCコンバータのスイッチング周波数191kHzの位置に現れるピークであり、s₁はピークsの折り返しの虚像のピークであり、9kHzの位置(200kHz-191kHz)に現れる。受信信号強度は、実像のピークaの値を0dBとしている。そして、共通のしきい値を-40dBに設定してあり、この値以下のピークは除去される。

【0013】本発明では、図5のような実像と虚像が現れた場合、上記共通のしきい値とは別に各虚像毎にしきい値を変更して定め、虚像を除去するものである。次に、本発明においてどのように虚像のピークを除去して実像のピークを抽出するかを、図6に示した例を用いて以下に説明する。図6は実像及び虚像を含めた各ピーク毎の周波数、信号強度、ピークの内容、及び虚像のピークを除去するためのしきい値変更例を示した表である。20まず、図5の虚像のピークa₁とa₂について説明する。ピークa₁の周波数は40kHzであるが、40kHzを中心として例えば±1kHzである39kHz～41kHzの周波数の範囲について、しきい値を-20dBに変更する。ピークa₂については共通のしきい値である-40dB以下であり、ピークとして検出されないためしきい値の変更は行われない。80kHzの位置に現れている虚像のピークb₁については、80kHzを中心として±1kHzである79kHz～81kHzの周波数の範囲について、しきい値を-30dBに変更する。DC-DCコンバータのスイッチング周波数191kHzの位置に現れるピークsについては、191kHzを中心として±1kHzである190kHz～192kHzの周波数の範囲について、しきい値を-30dBに変更する。また、ピークsの折り返しの虚像のピークであるs₁については、9kHzを中心として±1kHzである8kHz～10kHzの周波数の範囲について、しきい値を-30dBに変更する。なお、実像のピークa及びbについてはしきい値を変更せずに共通のしきい値を用いる。上記例ではしきい値を-40dBから-20dB又は-30dBに変更しているが、虚像のピーク値a₁、a₂、b₁は実像のピーク値から予測でき、またs、s₁についてはスイッチング周波数による虚像のピーク値を予め検出しておくことができるため、これら予測又は検出した虚像のピーク値に基づいて上記変更すべきしきい値を設定する。

【0014】上記のように本発明では各虚像に対応してしきい値を変更して虚像を除去するので、実像のピーク値を正確に抽出することができる。図7は本発明によるピーク抽出処理のための制御および動作のフローチャートを示した図である。なお、このフローチャートに示された制御及び動作は、図4のレーダ信号処理部12によ

り行われる。図7において制御の動作が開始されると(S1)、電源がオンされ(S2)、自車速度が0かどうか、即ち、走行中かどうか判断される(S3)。自車速度が0でなければ(Ye s)、即ち走行中であれば、図5に示されているような信号のピーク周波数と信号強度が検出される(S4)。

【0015】次に、図5のa₁、a₂のような倍波が発生しているかどうか判断される(S5)。ピークは図5に示したように実像のピークと虚像のピークが混在している。このうち、ピークの値が一番大きく、かつ周波数の値が移動しているものを実像のピークであると判定し、そのピークの周波数の整数倍の周波数に位置するピークが現れている場合、倍波が発生していると判定する。ただし、倍波のピークが1回現れただけで倍波が発生と判定するのではなく、例えばこのフローにおいて20回現れた場合に倍波が発生していると判定する。倍波が発生していると判定された場合(Ye s)、倍波と判定されたピーク値付近のしきい値を上げる(S6)。この動作は、ピークa₁について言えば図6における説明で述べたように、ピークa₁の周波数40kHzを中心として例えば±1kHzである39kHz～41kHzの周波数の範囲について、しきい値を-40dBから-20dBに変更する。

【0016】次に、折り返しが発生しているかどうか判断される(S7)。S5において倍波が発生していないと判断された場合(No)も同様に折り返しが発生しているかどうか判断される。そのピークが折り返しがどうかの判定は、図5におけるFFT処理の周波数帯域である200kHzから実像の周波数を減じた値の周波数の位置にピークがあるかどうかで判定される。折り返しが発生していると判定された場合(Ye s)、折り返しと判定されたピーク値付近のしきい値を上げる(S8)。この動作は、ピークb₁について言えば図6における説明で述べたように、ピークb₁の周波数80kHzを中心として例えば±1kHzである79kHz～81kHzの周波数の範囲について、しきい値を-40dBから-30dBとする。

【0017】次に、後述の内部ノイズ候補のピークが長時間連続して発生したかどうか判断する(S9)。S7において折り返しが発生していないと判定された場合

(No)も同様に内部ノイズ候補のピーク周波数と信号強度が長時間連続して発生したかどうか判断される。内部ノイズとは、例えば、図5に示したDC-DCコンバータのスイッチング周波数のピークsである。この内部ノイズ候補のうち、ある周波数と信号強度を持ったピークが、例えば20回連続して検出された場合に、このピークが内部ノイズであると判定される(Ye s)。内部ノイズ候補は後述のように車両が停止しているときに検出された信号であり、実際のターゲットによる実像のピークと虚像のピークを含んでおり、これらピークの周波

数及び信号強度が内部ノイズ候補として記憶される。そして車両が走行を開始すると、上記内部ノイズ候補のうち内部ノイズ以外のピークは変化するが、DC-DCコンバータのスイッチング周波数のピーク等の実際の内部ノイズ候補のピークはあまり変化せずに連続して検出されるため、内部ノイズであると識別できる。S9でYe sと判定された場合、内部ノイズと判定されたピーク付近の周波数のしきい値を上げる(S10)。この動作は、ピークsについて言えば図6における説明で述べたように、ピークsの周波数191kHzを中心として例えば±1kHzである190kHz～192kHzの周波数の範囲について、しきい値を-40dBから-30dBとする。次に、設定されたしきい値に基づいて虚像のピークが除去される(S11)。その後はS3に戻って同じ動作が繰り返される。なお、S9でNoと判定された場合はS11に進む。

【0018】S3において自車速度が0である、即ち、停車していると判断された場合、S4と同様に信号のピークの周波数と信号強度が検出される(S12)。検出されたピークは実際のターゲットによる実像のピーク及び虚像のピークを含んでいる。次に、検出されたピークについて連続性があるかどうか判断される(S13)。これは例えば、20回連続して特定の周波数の位置にピークが検出された場合、連続性有り(Ye s)と判断されてこれらピークの周波数及び信号強度が内部ノイズ候補として記憶される。そして、S3に戻って前記動作が繰り返される。S13においてNoと判定されたときも同様にS3に戻る。上記記憶された内部ノイズ候補は前記のようにS9において用いられる。

【0019】

【発明の効果】本発明のレーダの信号処理装置によれば、レーダの受信信号から得られた複数のピークの中から実像のピークと虚像のピークを識別し、虚像のピーク付近の周波数のしきい値を上げて虚像を除去するようにしたので、車間距離制御対象となる実際のターゲットを正確に検出することができる。

【0020】また、虚像の種類を識別し、種類に応じてしきい値を変化させているので確実に虚像のピークを除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】倍波の虚像が発生している場合を示した図である。

【図2】レーダ装置のスイッチングによって生ずる虚像を示した図である。

【図3】本発明に係るレーダ装置を用いた車間距離制御の構成を示した図である。

【図4】図3の信号処理回路の構成を示した図である。

【図5】レーダ信号をFFT処理したときに実像と虚像がどのように現れるかを示した図である。

【図6】実像及び虚像を含めた各ピーク毎の周波数、信

7

号強度、ピークの内容、及びピークを除去するためのしきい値変更例を示した図である。

【図7】本発明によるピーク抽出処理のための制御及び動作のフローチャートを示した図である。

【符号の説明】

- 1…レーダアンテナ
- 2…走査機構
- 3…信号処理回路
- 4…ステアリングセンサ

5…ヨーレートセンサ

6…車速センサ

7…車間距離制御ECU

8…警報機

9…ブレーキ

10…スロットル

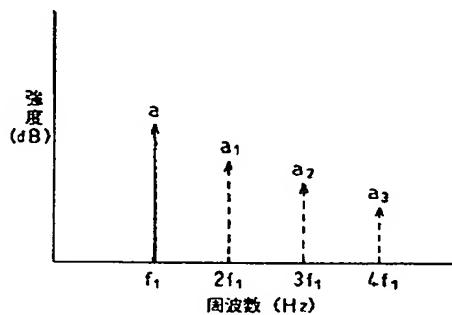
11…走査角制御部

12…レーダ信号処理部

13…制御対象認識部

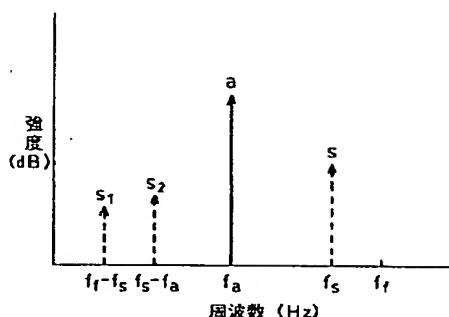
【図1】

図1



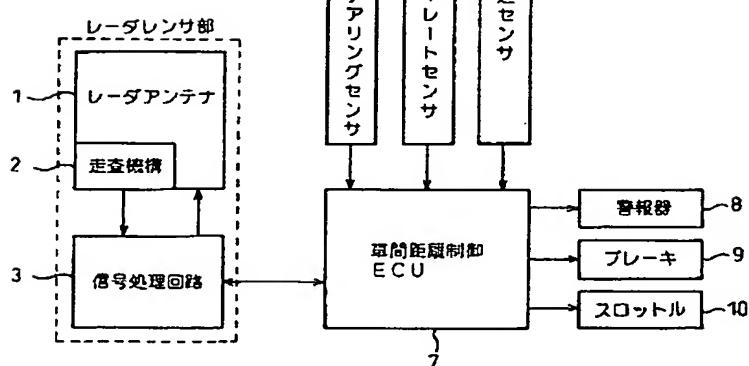
【図2】

図2

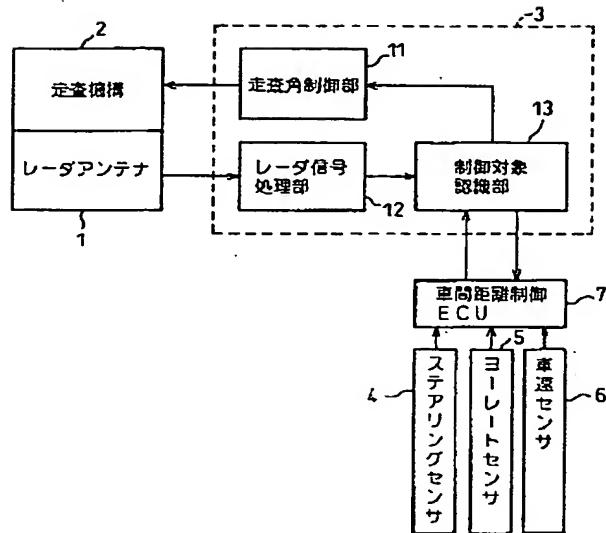


【図3】

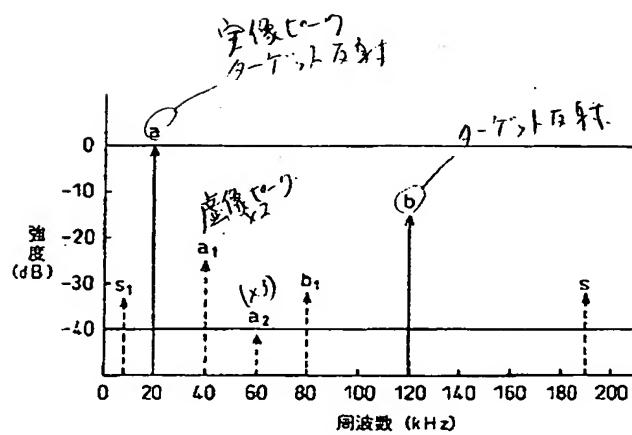
図3



【図4】



【図5】



$$f_s = 400 \text{ kHz}$$

$$f_t = 200 \text{ kHz}$$

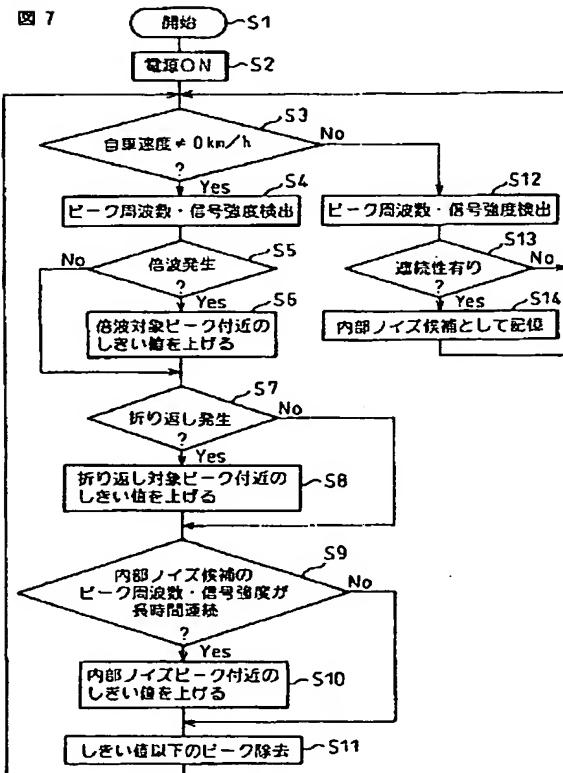
$$f_s = 191 \text{ kHz}$$

【図6】

図6

ピーク	周波数 (kHz)	信号強度 (dB)	内容	しきい値変更例
a	20	0	実際のターゲット	—
a ₁	40	-25	aの2倍波	40kHz±1kHzを -20dBに
a ₂	60	-42	aの3倍波	受信強度がしきい値以下の ため変更不要
b	120	-15	実際のターゲット	—
b ₁	80	-32	bの折り返し	80kHz±1kHzを -30dBに
s	191	-32	DC-DCコンバータ スイッチング	191kHz±1kHzを -30dBに
s ₁	9	-33	sの折り返し	9kHz±1kHzを -30dBに

【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 高木 誠

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内